



**HAL**  
open science

## Couches minces ferroélectriques de Ba $1-x$ Sr $x$ TiO $3$ accordables pour une antenne patch millimétrique reconfigurable en fréquence

Caroline Borderon, Stéphane Ginestar, Raphaël Renoud, Hartmut Gundel,  
Vincent Muzzupapa, Laure Huitema, Aurelian Crunteanu

### ► To cite this version:

Caroline Borderon, Stéphane Ginestar, Raphaël Renoud, Hartmut Gundel, Vincent Muzzupapa, et al.. Couches minces ferroélectriques de Ba  $1-x$  Sr  $x$  TiO  $3$  accordables pour une antenne patch millimétrique reconfigurable en fréquence. GDR Oxyfun+, GDR Oxyfun, Mar 2023, en ligne, France. hal-04030162

**HAL Id: hal-04030162**

**<https://hal.science/hal-04030162>**

Submitted on 15 Mar 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

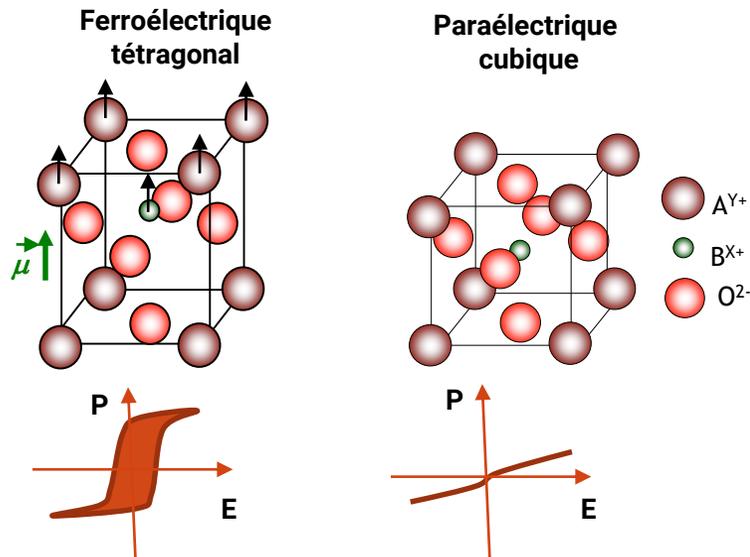
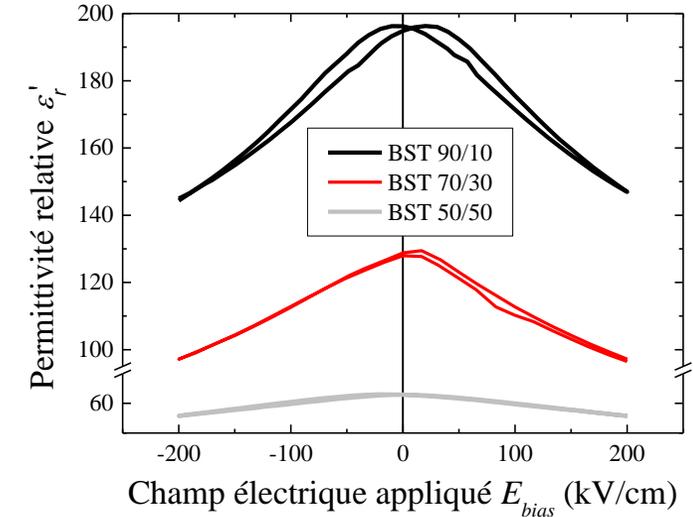
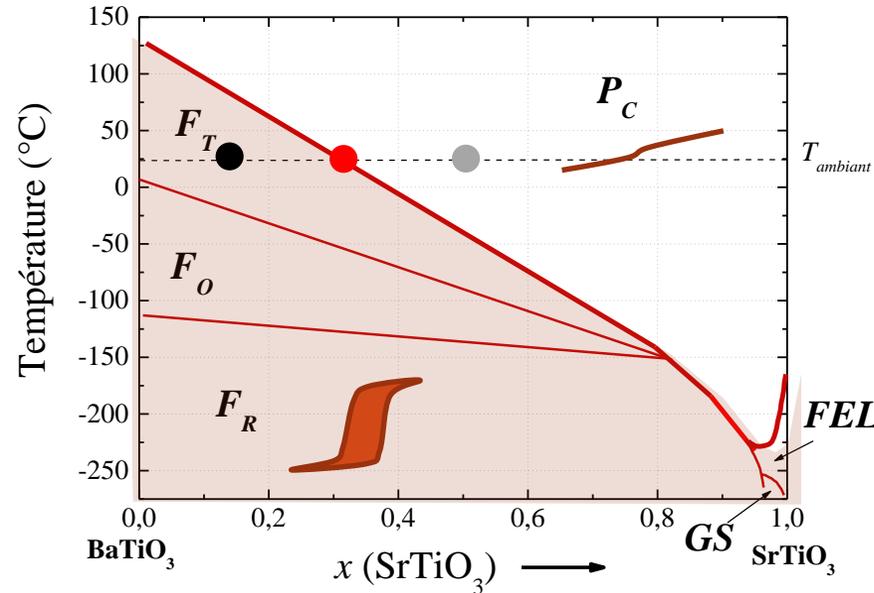


- Le titanate de barium et strontium  $\text{Ba}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$
- Elaboration des couches minces de  $\text{Ba}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{TiO}_3$
- Propriétés diélectriques du  $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3, 0,5\% \text{Mn}$
- Caractérisation jusqu'à 65 GHz à partir d'IDC
- Antenne patch millimétrique
- Conclusions et perspectives

$$\epsilon = \frac{dP}{dE}$$

Variation de la température de Curie  $T_c$  en fonction de la proportion  $x$  en strontium du matériau

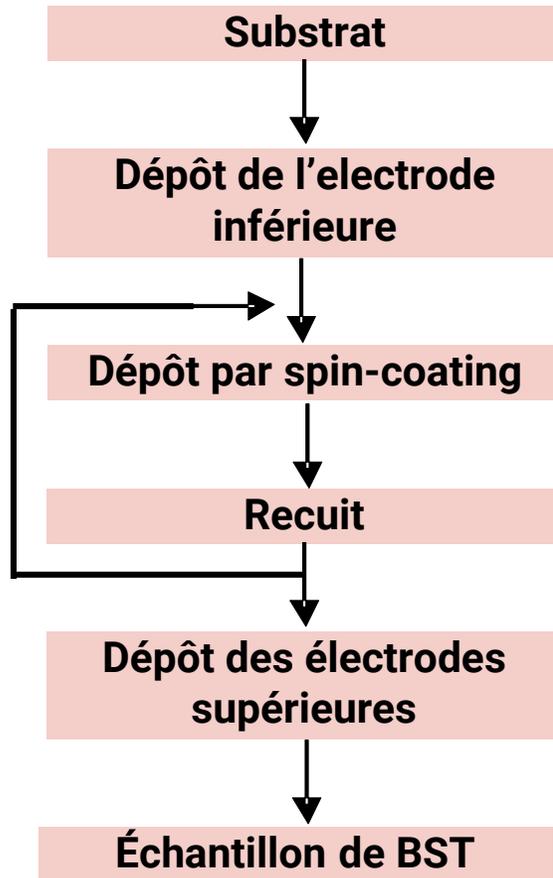
Possibilité de travailler avec la phase ferroélectrique ou paraélectrique



**Phase ferroélectrique** : forte variation de la permittivité liée à la variation de polarisation du matériau – cycle papillon

**Phase paraélectrique** : variation de la permittivité liée au changement de phase ferroélectrique/paraélectrique – cycle identique en aller-retour

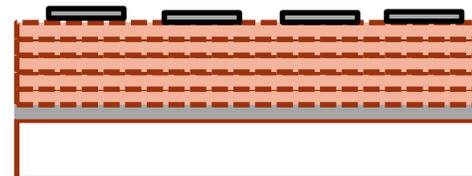
## Déposition par voie chimique (C.S.D.)



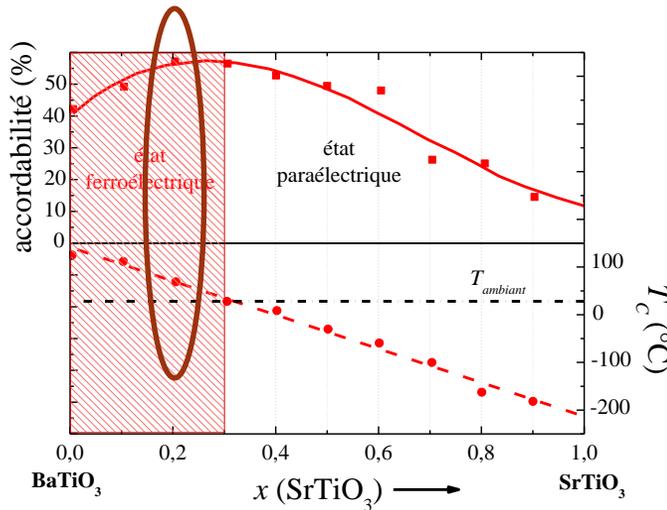
$Al_2O_3$  : coefficient de dilatation thermique proche de celui de la couche mince compatible avec les applications hyperfréquences

Pt : résiste aux traitements thermiques de la couche mince  
Couche d'accroche de Ti

Optimisation de la concentration (taille de grains)  
Choix de composition (ferro/para)  
Choix du dopant (accepteur/donneur)



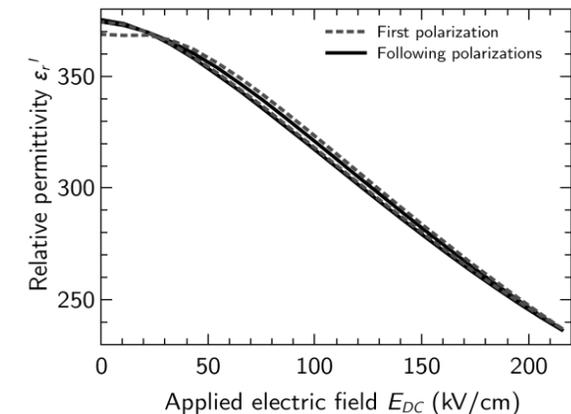
**Objectifs : matériaux avec une forte accordabilité, faible pertes diélectriques et propriétés stables en fréquence et température.**



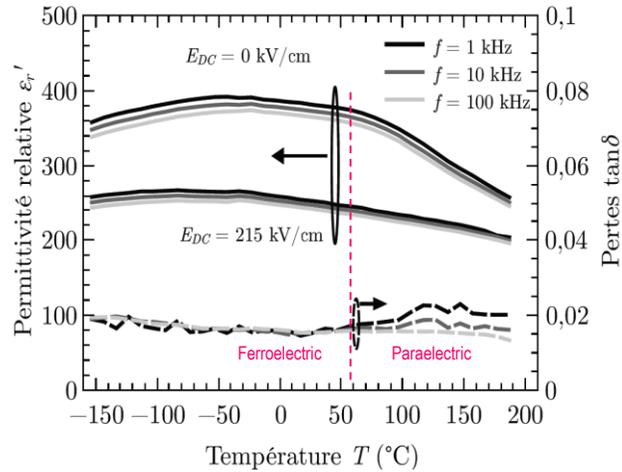
**BST (80/20) phase ferroélectrique proche de la transition ferro/para à température ambiante**

**Accordabilité élevée liée : à la phase ferroélectrique et au changement de phase**

**Permittivité bien définie, réponse quasi-linéaire pour un champ unipolaire**

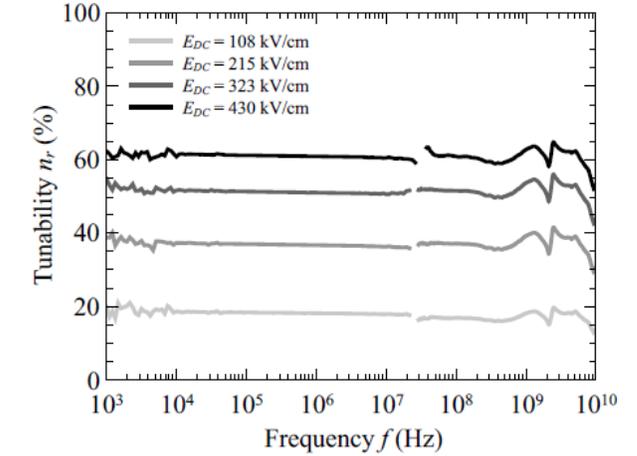


[1] K. Nadaud, C. Borderon, R. Gillard, E. Fourn, R. Renoud, H.W. Gundel, "Temperature stable BaSrTiO<sub>3</sub> thin films suitable for microwave applications", *Thin Solid Films* 591 (2015) 90-96



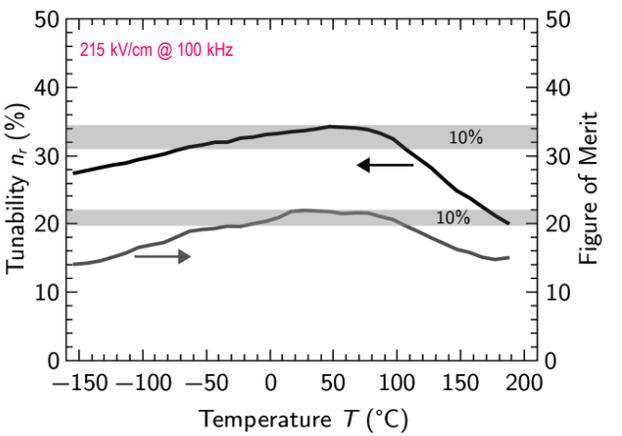
**Haute accordabilité : 60 % à 430 kV/cm**  
**Stable sur 7 décades: 1 kHz to 10 GHz**

**Bonne stabilité en température de la permittivité et des pertes diélectriques**

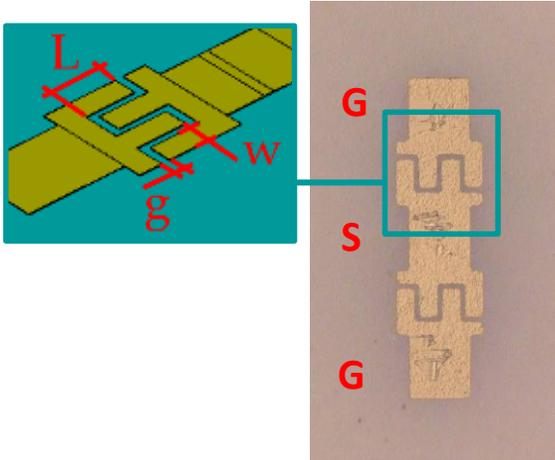


**± 5 % de stabilité : de l'accordabilité : -60° to +110°C**  
**FOM: -40° to +100°C**

**Couches minces de BST pour les applications**

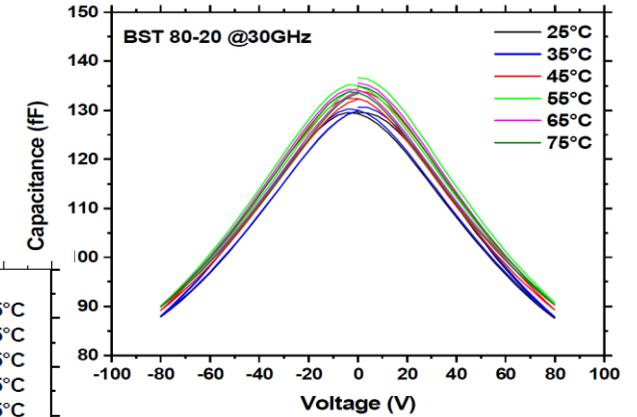
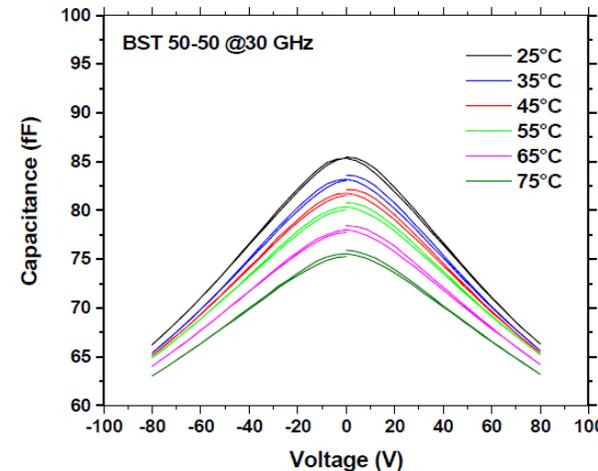
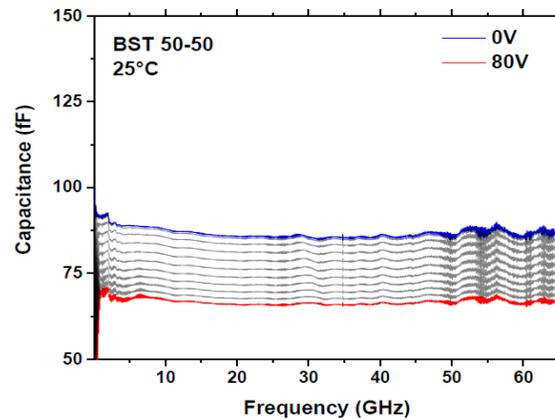
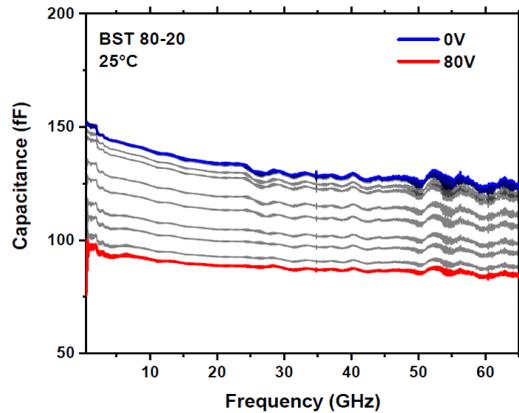


[1] K. Nadaud, C. Borderon, R. Gillard, E. Fourn, R. Renoud, H.W. Gundel, "Temperature stable BaSrTiO3 thin films suitable for microwave applications", *Thin Solid Films* 591 (2015) 90-96



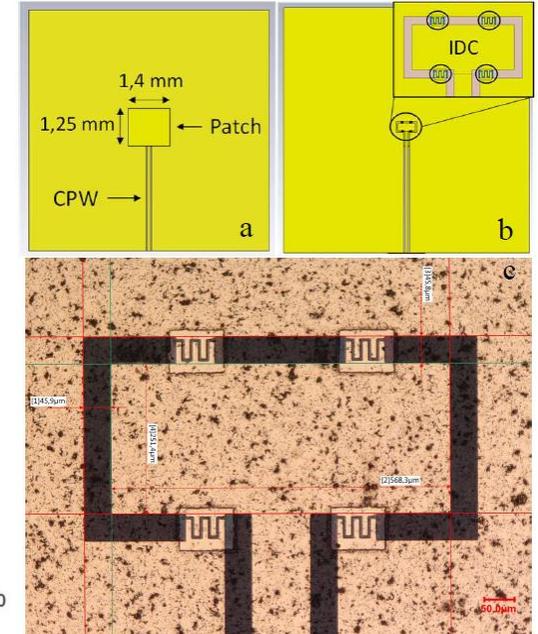
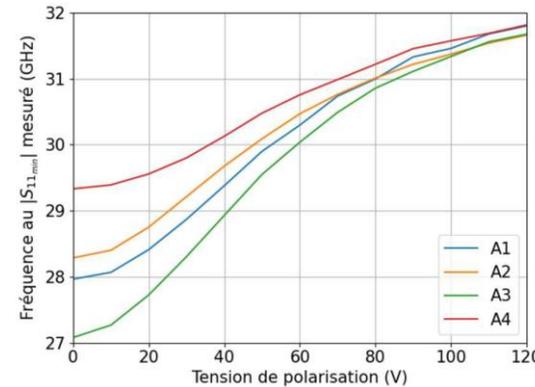
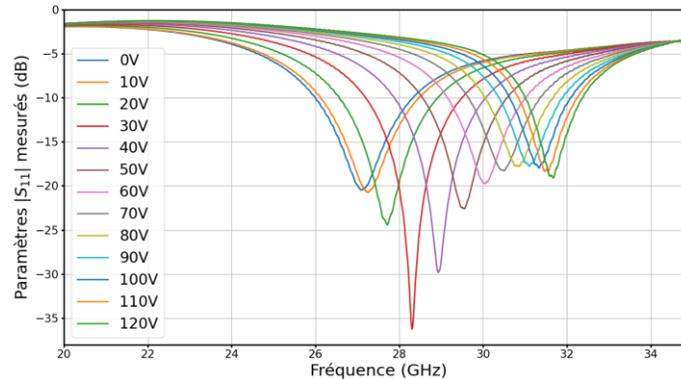
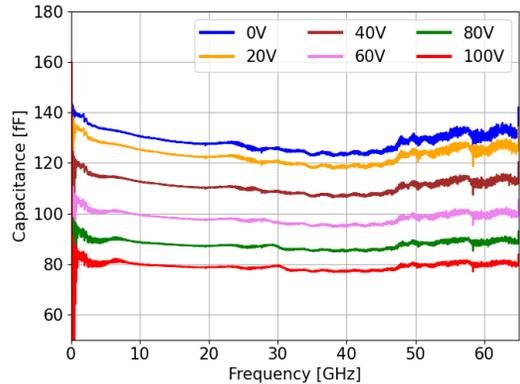
## Caractérisation du matériau jusqu'à 65 GHz à partir des IDC<sup>[2]</sup>.

- Faible variation des caractéristiques en fonction de la température (<5%)
- Accordabilité du matériau d'environ 40 % à 80 V (gap de 6 μm entre les doigts)
- Permittivité et accordabilité plus faible pour le BST 50/50
- Meilleure stabilité en température pour le BST 80/20



[2] A. Crunteanu, V. Muzzupapa, A. Ghalem, L. Huitema, D. Passerieux, C. Borderon, R. Renoud, H. W. Gundel, "Characterization and Performance Analysis of BST-Based Ferroelectric Varactors in the Millimeter-Wave Domain", *Crystals*, 11 (2021) 277.

- Patch rayonnant (8 mm x 8 mm) déposé sur la face supérieure d'un substrat d'alumine d'épaisseur 300 μm
- Signal RF d'excitation et la polarisation continue (DC) des IDC sont amenés par une ligne coplanaire placée sur la face inférieure et terminée par une fente-boucle rectangulaire



**TR = 15,3 % d'agilité fréquentielle allant de 27,1 GHz à 31,6 GHz**

	Technologie	Agilité fréquentielle	Type d'agilité
Ce travail	IDC ferroélectrique	15.3% @ 29,35 GHz	Continue
[14]	MIM ferroélectrique	10.7% @ 13.1 GHz	Continue
[4]	Condensateur MEMS	2% @ 15.9 GHz	Continue
[5]	Diode PIN	5,5 – 12,75 GHz	Discrete
[15]	MIM ferroélectrique	14,5 % @ 900 MHz	Continue

[3] V. Muzzupapa, L. Huitema, A. Crunteanu, E. Arnaud, C. Borderon, R. Renoud, H. W. Gundel, "Intégration de condensateurs variables ferroélectriques dans une antenne reconfigurable en fréquence dans le domaine millimétrique", *XXIIèmes Journées Nationales Microondes*, Limoges 8-10 juin 2022.

## Conclusions

- **Matériaux BST avec une accordabilité de 60% à 430 kV/cm**
- **Propriétés stables pour des températures comprises entre -40°C et 100°C**
- **Propriétés stables sur une large gamme de fréquences allant jusqu'à 65 GHz**
- **Antenne patch millimétrique avec un taux de reconfigurabilité de 15,3 % autour de 30 GHz**

## Perspectives

- **Etude de la stabilité en fréquence et en température en fonction de la taille de grains**
- **Mesure des propriétés diélectriques jusqu'à 110 GHz.**

